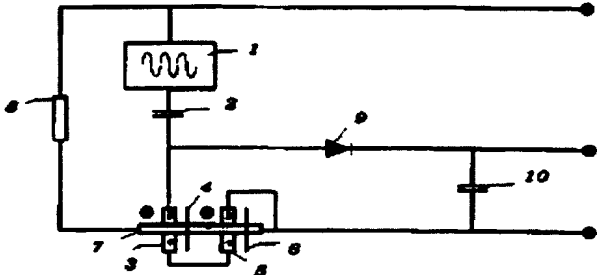


**Magnetic field detector - consists of two equal coils with weak iron cores in series resonant circuit whose resonant frequency is close to that of input frequency generator, and outer premagnetising coil.**

Patent number: DE4220186  
Publication date: 1993-12-23  
Inventor: HUBER ERICH (DE)  
Applicant: SCHALTBAU AG (DE)  
Classification:  
- International: G01R33/02  
- european: G01R33/02  
Application number: DE19924220186 19920619  
Priority number(s): DE19924220186 19920619

**Abstract of DE4220186**

The voltage detecting circuit (9,10) consisting of a diode and smoothing capacitor determines the voltage lying at the inductance coils (3,5) of the series resonant circuit (2,3,5). The coils (3,5) consists of two identical cross-connected and spatially decoupled coils with soft iron cores (4,6). The resonant frequency of the circuit lies near to the frequency applied by the frequency generator (1). A pre-magnetising coil (7) is wound around the two coils (4,6), and is fed with a premagnetising current. **ADVANTAGE** - Circuit is simple to adjust and for exact measurement no additional compensation and amplification circuits, as for semiconductor Hall sensors, are needed.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 20 186 A 1**

⑤① Int. Cl. 5:  
**G 01 R 33/02**

⑳ Aktenzeichen: P 42 20 186.1  
㉑ Anmeldetag: 19. 6. 92  
㉒ Offenlegungstag: 23. 12. 93

DE 42 20 186 A 1

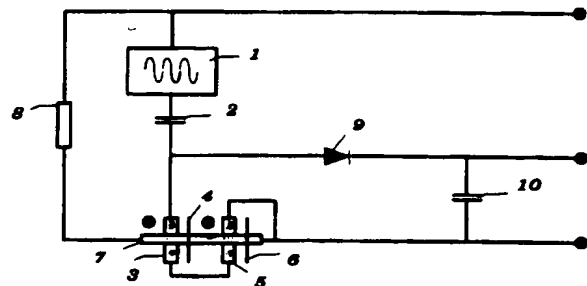
㉑ Anmelder:  
Schaltbau AG, 8000 München, DE

㉒ Vertreter:  
Grünecker, A., Dipl.-Ing.; Kinkeldey, H., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing.; Stockmair, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Ae.E. Cal  
Tech; Schumann, K., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Jakob,  
P., Dipl.-Ing.; Bezold, G., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;  
Meister, W., Dipl.-Ing.; Hilgers, H., Dipl.-Ing.;  
Meyer-Plath, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Ehnold, A.,  
Dipl.-Ing.; Schuster, T., Dipl.-Phys.; Goldbach, K.,  
Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Aufenanger, M., Dipl.-Ing.;  
Klitzsch, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 80538 München

㉓ Erfinder:  
Huber, Erich, 8000 München, DE

⑤④ Meßschaltung für Magnetfelder

⑤⑦ Meßschaltung für Magnetfelder mit einer Versorgungsquelle, einem Frequenzerzeugungsschaltkreis (1), einem mit dem Erzeugungsschaltkreis verschalteten Serienschwingkreis (2, 3, 5) oder Spannungsteiler und einer Spannungserfassungseinrichtung (9, 10) zum Erfassen der an einer Induktivität (3, 5) des Serienschwingkreises bzw. des Spannungsteilers anliegenden Spannung, wobei die Induktivität (3, 5) aus zwei gleichen, antiseriell verschalteten und räumlich entkoppelten Spulen (3, 5) mit Weicheisenkernen (4, 6) besteht, und eine die beiden Spulen (3, 5) umwickelnde Vormagnetisierungsspule (7) vorhanden ist, die mit einem Vormagnetisierungsstrom gespeist wird.



DE 42 20 186 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Meßschaltung für Magnetfelder.

Das Messen von Magnetfeldern geschieht üblicherweise mittels aus Halbleitermaterialien gefertigten Hallsonden und Feldplatten. Hallsonden weisen gegenüber Feldplatten den Vorteil auf, daß mit ihnen neben der Stärke des Magnetfeldes auch dessen Richtung detektierbar ist.

Die in einer Hallsonde aufgrund eines sie durchsetzenden Magnetfeldes hervorgerufene Spannung liegt im Millivoltbereich, in dem größenordnungsmäßig auch die im Halbleiter auftretenden Offsetspannungen und Temperaturdriftspannungen liegen.

Für eine genaue Messung sind daher Kompensationsmaßnahmen erforderlich, die schaltungstechnisch und justiermäßig insbesondere in der Serienfertigung einen hohen Aufwand bedeuten. Das gewonnene Nutzsignal muß anschließend mittels eines zusätzlichen Verstärkers in eine für die weitere Signalverarbeitung geeignete Größe umgesetzt werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Meßschaltung für Magnetfelder anzugeben, die einfach justierbar ist und für eine genaue Messung keine zusätzlichen Kompensations- und Verstärkerschaltungen benötigt.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Patentansprüche 1 und 4 gelöst.

Das durch die drei Induktivitäten gebildete magnetische Sensorelement der Meßschaltung gemäß Patentanspruch 1 kann ohne Verwendung von Halbleitermaterialien lediglich aus Eisen und Kupfer bestehenden Bauelementen ausgeführt sein. Dadurch können die bei Halbleitermaterialien auftretende Temperaturdrift- und Offsetprobleme vermieden werden. Da die Resonanzfrequenz des Serienschwingkreises in der Nähe der durch die Frequenzerzeugungsschaltung eingprägten Frequenz liegt, können an der Schwingkreisinduktivität Ausgangsspannungshübe auftreten, die die Versorgungsspannung der Meßschaltung bei weitem übersteigen. Das durch die erfindungsgemäße Schaltung bereitgestellte Nutzsignal kann daher im Voltbereich liegen, und ohne zusätzliche Verstärkung für die weitere Signalverarbeitung verwendet werden. Zusätzliche Kompensationsschaltmaßnahmen zur Bekämpfung der Offset- und Temperaturdriftprobleme sind ebenfalls nicht erforderlich. Durch die antiserielle Verschaltung der beiden gleichdimensionierten Spulen tritt eine Kompensation der durch die Spulen innerhalb der Vormagnetisierungsspule erzeugten Wechsellmagnetfelder auf, so daß in der Vormagnetisierungsspule keine Spannung aufgrund der Kreisfrequenz induziert wird. Durch die durch die Vormagnetisierungsspule bewirkte Vormagnetisierung der Weicheisenkerne können die beiden Spulen in einen Bereich maximaler Empfindlichkeit für extern angelegte Magnetfelder gebracht werden.

Im Unterschied zu der Schaltung des Patentanspruchs 1 ist bei der Schaltung nach Patentanspruch 2 der Kondensator durch einen seriell mit den Spulen verschalteten Widerstand ersetzt. Diese Schaltung weist somit keinen seriellen Schwingkreis auf und ist infolgedessen breitbandiger, wodurch geringere Anforderungen an die Stabilität der Betriebsfrequenz zu stellen sind.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die beiden antiseriell verschalteten Spulen parallel zueinander angeordnet und von

der Vormagnetisierungswicklung gemeinsam umwickelt. Diese Anordnung weist gegenüber einer Anordnung, bei der die beiden Spulen räumlich hintereinander angeordnet sind, den Vorteil auf, daß die Kompensation der Wechselfelder besonders einfach erreichbar ist.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der Vormagnetisierungsstrom einstellbar, wodurch sich der gewünschte Arbeitspunkt variabel einstellen läßt.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sieht vor, daß die Spannungserfassungseinrichtung aus einer parallel zur Kreisinduktivität verschalteten Gleichrichterschaltung besteht. Bevorzugterweise besteht diese Gleichrichterschaltung aus der Serienschaltung einer Diode und eines Glättungskondensators. Derart gebildete Spannungserfassungseinrichtungen sind kostengünstig, kompakt und äußerst zuverlässig.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die Vormagnetisierung so gewählt, daß sich der Arbeitspunkt bei Nichtvorhandensein eines externen Feldes im steilsten Punkt der Gütekurve des Serienschwingkreises befindet. Durch diese Einstellung wird die größtmögliche Empfindlichkeit des Serienschwingkreises für durch externe Magnetfelder hervorgerufene Induktivitätsänderungen erreicht. Schließlich führt die Verwendung amorpher weichmagnetischer Legierungen für die Weicheisenkerne zu besonders hohen erzielbaren Empfindlichkeiten.

Im folgenden wird eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen die Zeichnungen im einzelnen:

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine Darstellung des bei einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendeten magnetischen Sensorelements;

Fig. 3 den Güteverlauf des Schwingkreises, wie er bei der vorliegenden Erfindung verwendet wird, mit eingezeichnetem bevorzugten Arbeitspunkt, und

Fig. 4 ein Prinzipschaltbild einer weiteren erfindungsgemäßen Schaltung.

In der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gemäß der Fig. 1 ist ein Frequenzgenerator 1, der vorzugsweise durch ein RC-Glied gebildet wird, zur Bereitstellung einer Schwingfrequenz vorhanden. Seriell mit dem Frequenzgenerator 1 ist ein aus einem Kondensator 2 und Induktivitäten 3 und 5 bestehender Serienschwingkreis verschaltet. Der Serienschwingkreis weist eine Resonanzfrequenz auf, die in der Nähe der durch den Frequenzgenerator erzeugten Frequenz liegt. Die beiden Induktivitäten 3 und 5 weisen gleiche Induktivitätswerte auf und bestehen aus um hochpermeable stabförmige Weicheisenkerne 4, 6 gewickelte Spulen. Die beiden Induktivitäten 3 und 5 sind antiseriell zueinander verschaltet, d. h. sie weisen einen gegensätzlichen Wicklungssinn auf, wie dies durch die beiden Punkte angedeutet ist. Die Weicheisenkerne sind vorzugsweise aus einer amorphen weichmagnetischen Legierung gefertigt. Parallel zu der Serienschaltung der beiden Induktivitäten 3 und 5 ist eine Serienschaltung aus einer Diode und einem Glättungskondensator 10 vorhanden. An dem Kondensator 10 kann eine gleichgerichtete und geglättete Spannung, die proportional zu der an den Induktivitäten 3 und 5 anliegenden Spannung ist, abgegriffen werden. Die beiden Induktivitäten 3 und 5 sind gemeinsam durch eine Vormagnetisierungsspule

7 umwickelt. Die Vormagnetisierungsspule 7 wird durch einen mittels des Widerstandes 8 einstellbaren Vormagnetisierungsstrom gespeist.

Fig. 2 zeigt das aus den drei Spulen bestehende magnetische Sensorelement im Detail. Die beiden gleichen Induktivitäten 3 und 5 sind räumlich entkoppelt parallel zueinander angeordnet und antiseriell verschaltet. Die Vormagnetisierungsspule 7 ist um die beiden Induktivitäten 3 und 5 gewickelt.

Durch die antiserielle Verschaltung der gleichen Induktivitäten 3 und 5 wird bewirkt, daß sich die aufgrund der Schwingung in den Induktivitäten 3 und 5 erzeugten Magnetfelder innerhalb der Vormagnetisierungsspule 7 kompensieren, so daß in dieser keine Wechselspannung induziert wird.

Durch das Anlegen eines mittels des Widerstandes 8 der Fig. 1 einstellbaren Gleichstromes wird in der Vormagnetisierungsspule 7 ein magnetisches Gleichfeld erzeugt. Dieses Gleichfeld durchsetzt die Weicheisenkerne 4 und 6 der Induktivitäten 3 und 5, wodurch die Permeabilitäten der Weicheisenkerne und damit die Induktivitätswerte der Induktivitäten 3 und 5 einstellbar sind.

Fig. 3 zeigt den Güteverlauf des durch den Kondensator 2 und die Induktivitäten 3 und 5 der Fig. 1 gebildeten Serienschwingkreises. Durch die oben erwähnte durch die Vormagnetisierungsspule bewirkte Induktivitätsänderung der Induktivitäten 3 und 5 kann eine Verstimmung des Serienschwingkreises erreicht werden. In Fig. 3 ist ein bevorzugter Arbeitspunkt der erfindungsgemäßen Schaltung eingezeichnet. Der Serienschwingkreis wird durch die Vormagnetisierung soweit verstimmt, daß, wenn kein externes zu messendes Feld vorhanden ist, eine Verstimmung bis zum steilsten Punkt der Gütekurve auftritt. In diesem Punkt ist die Empfindlichkeit des Serienschwingkreises für durch ein externes Magnetfeld hervorgerufene Induktivitätsänderungen am größten.

Durch den Einfluß eines externen magnetischen Fremdfeldes erfolgt eine weitere Verstimmung des vor-eingestellten Serienschwingkreises, das richtungsabhängig entweder zu einer Verstimmung in Richtung Resonanzfrequenz oder von dieser wegführt. Die durch diese Änderung hervorgerufenen Spannungsänderung an der durch die Induktivitäten 3 und 5 gebildeten Schwingkreisinduktivität kann mittels der aus der Diode 9 und dem Glättungskondensator 10 bestehenden Gleichrichtungsschaltung ausgekoppelt werden.

Der Serienschwingkreis der Fig. 1 weist vorzugsweise eine möglichst große Güte auf, was durch Auswahl einer großen L-Komponente und eine kleine C-Komponente erreicht wird. Obwohl, wie oben erwähnt wurde, die Erhöhung der Empfindlichkeit der Schaltung gegenüber externen Magnetfeldern überwiegend auf die Arbeitspunkteinstellung auf die Resonanzflanke zurückzuführen ist, tritt durch die Beaufschlagung der Weicheisenkerne 4 und 6 der Fig. 2 mit einer Vormagnetisierung zusätzlich eine Steigerung der Empfindlichkeit der Induktivitäten 3 und 5 auf, da die relative Induktivitätsänderung bei vormagnetisierten Weicheisenkernen größer ist als bei nicht vormagnetisierten. Dies führt zu einer weiteren Erhöhung der Gesamtempfindlichkeit. Da das aus den Spulen 3, 5 und 7 bestehende Sensorelement nur aus Eisen und Kupfer aufgebaut werden kann und keine Halbleiter benötigt werden, ist die Anordnung praktisch keiner Temperaturdrift oder Offsetproblemen unterworfen. Der auskoppelbare Ausgangsspannungshub liegt im Voltbereich und kann in der Nähe

der Resonanzfrequenz wesentlich größer werden als die an der Schaltung anliegende Versorgungsspannung. Damit ist bei gleichen magnetischen Verhältnissen eine Ausgangsspannung erzielbar, die um etwa den Faktor 1000 größer ist als die bei Hallgeneratoren. Zusätzlichen Kompensations- und Verstärkungsschaltungen sind somit für eine genaue Messung nicht mehr erforderlich.

Zu beachten ist, daß die Fig. 2 lediglich eine schematische Ausführungsform der Weicheisenkerne 4 und 6 der Spulen 3 und 5 wiedergibt. Wird die erfindungsgemäße Schaltung beispielsweise als ein Stellungssensor für Hydraulikzylinder verwendet, ähnlich wie dies in dem deutschen Gebrauchsmuster G 90 17 076.8, das für die Anmelderin der vorliegenden Erfindung eingetragen wurde, beschrieben ist, so müssen die beiden Weicheisenkerne zur Erzielung guter Ergebnisse jochförmig ausgebildet sein, um mit ihren Enden jeweils auf der Außenwand des Hydraulikzylinders aufliegen zu können. Aus einer derartigen Verwendung ist noch ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung ersichtlich. Da bei bisher üblichen magnetischen Sensoreinrichtungen Hallsonden verwendet wurden, war ein eigener Luftspalt für die Hallsonde erforderlich, wodurch der magnetische Widerstand stark erhöht wurde. Das erfindungsgemäße Schaltungsprinzip erfordert für die Messung keinen derartigen zusätzlichen Luftspalt, da die Feldänderung direkt über die Induktivitätsänderung der beiden gleichen Spulen erfaßt wird.

Fig. 4 zeigt ein Prinzipschaltbild einer weiteren Schaltung der vorliegenden Erfindung. Diese Schaltung unterscheidet sich von der aus Fig. 1 dadurch, daß der Kondensator 2 durch einen Widerstand 11 ersetzt ist. Statt eines Serienschwingkreises ist somit ein einfacher Spannungsteiler seriell mit dem Frequenzerzeugungsschaltkreis 1 verschaltet. Die Spannungserfassungseinrichtung 9, 10 erfaßt bei der Ausführungsform der Fig. 4 die an dem Widerstand 11 abfallende Spannung, könnte alternativ jedoch auch so verschaltet sein, daß sie die Spannung an der Induktivität 3, 5 erfaßt. Durch die Verwendung des Widerstands wird das Verhalten der Schaltung breitbandiger, wodurch geringere Anforderungen an die Stabilität der Betriebsfrequenz zu stellen sind. Die Ausgangsspannungswerte erreichen zwar, anders als bei Fig. 1, nicht die Höhe der Betriebsspannung, liegen aber, insbesondere bei Verwendung amorpher Legierungen für die Weicheisenkerne noch im Voltbereich, so daß auch hier eine nachgeschaltete Verstärkung unterbleiben kann. Da in der Praxis jeder Widerstand auch eine parasitäre Kapazität aufweist, wird sich der in Zusammenhang mit Fig. 1 erläuterte Effekt zusätzlich mit überlagern, wodurch eine zusätzliche Spannungserhöhung erzielbar ist.

#### Patentansprüche

1. Meßschaltung für Magnetfelder mit einer Versorgungsquelle, einem Frequenzerzeugungsschaltkreis (1), einem mit dem Erzeugungsschaltkreis verschalteten Serienschwingkreis (2, 3, 5) und einer Spannungserfassungseinrichtung (9, 10) zum Erfassen der an der Induktivität (3, 5) des Serienschwingkreises anliegenden Spannung, wobei die Induktivität (3, 5) des Serienschwingkreises aus zwei gleichen, antiseriell verschalteten und räumlich entkoppelten Spulen mit Weicheisenkernen (4, 6) besteht, die Resonanzfrequenz des Serienschwingkreises nahe der durch den Frequenzerzeugungsschaltkreis (1) eingeprägten Frequenz liegt, und ei-

ne die beiden Spulen (3, 5) umwickelnde Vormagnetisierungsspule (7) vorhanden ist, die mit einem Vormagnetisierungsstrom gespeist wird.

2. Meßschaltung für Magnetfelder mit einer Versorgungsquelle, einem Frequenzerzeugungsschaltkreis (1), einem mit dem Erzeugungsschaltkreis verschalteten Spannungsteiler (3, 5, 11), bestehend aus einer Induktivität und einem dazu seriellen Widerstand, und einer Spannungserfassungseinrichtung (9, 10), zum Erfassen der an der Induktivität (3, 5) oder dem Widerstand des Spannungsteilers anliegenden Spannung, wobei die Induktivität (3, 5) des Spannungsteilers aus zwei gleichen antiseriell verschalteten und räumlich entkoppelten Spulen mit Weicheisenkernen (4, 6) besteht, und eine die beiden Spulen (3, 5) umwickelnde Vormagnetisierungsspule (7) vorhanden ist, die mit einem Vormagnetisierungsstrom gespeist wird.

3. Meßschaltung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Spulen (3, 5) räumlich parallel zueinander angeordnet sind und gemeinsam von der Vormagnetisierungsspule (7) umwickelt sind.

4. Meßschaltung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Vormagnetisierungsstrom einstellbar ist.

5. Meßschaltung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungserfassungseinrichtung aus einer parallel zur Kreisinduktivität verschalteten Gleichrichterschaltung (9, 10) besteht.

6. Meßschaltung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungserfassungseinrichtung aus einer parallel zu der Induktivität (3, 5) verschalteten Serienschaltung aus einer Diode (9) und einem Glättungskondensator (10), an dem eine Spannung auskoppelbar ist, besteht.

7. Meßschaltung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Vormagnetisierungsstrom so gewählt ist, daß sich bei Nichtvorhandensein eines externen Magnetfeldes ein Arbeitspunkt an der steilsten Stelle des Güteverlaufes des Serienschwingkreises (2, 3, 5) einstellt.

8. Meßschaltung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Weicheisenkerne (4, 6) aus einer amorphen weichmagnetischen Legierung hergestellt sind.

---

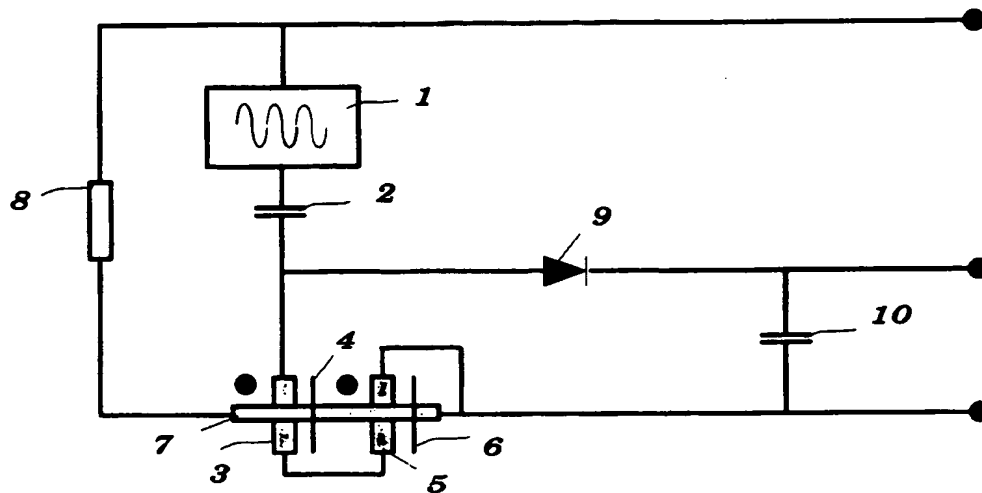
Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

50

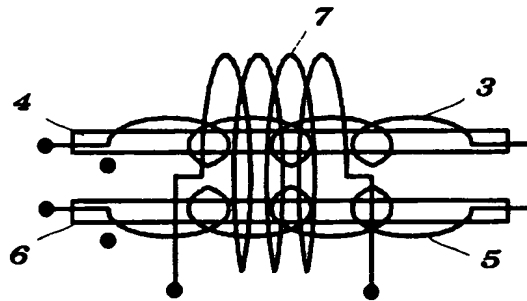
55

60

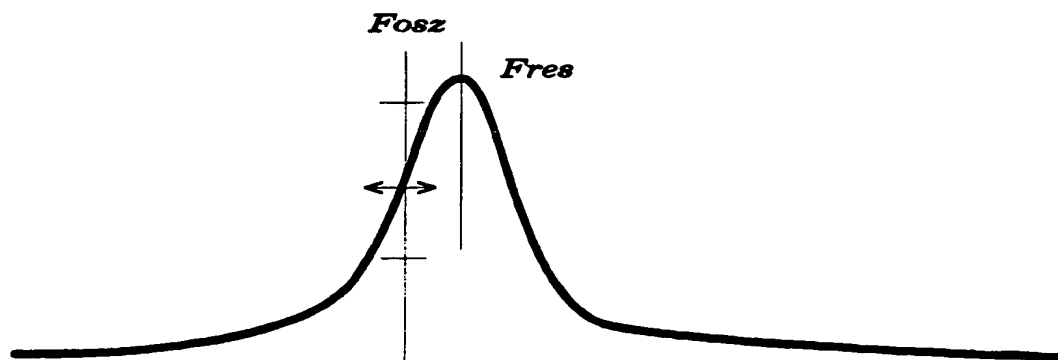
65



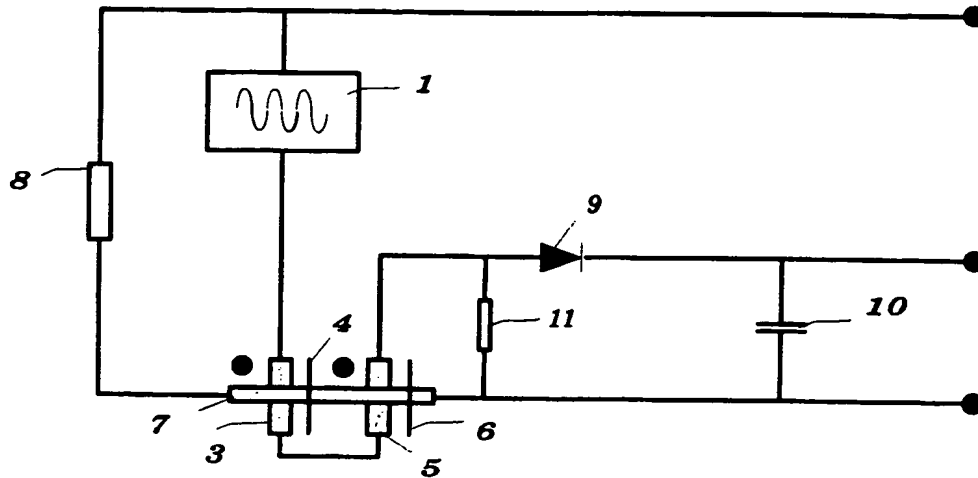
**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**